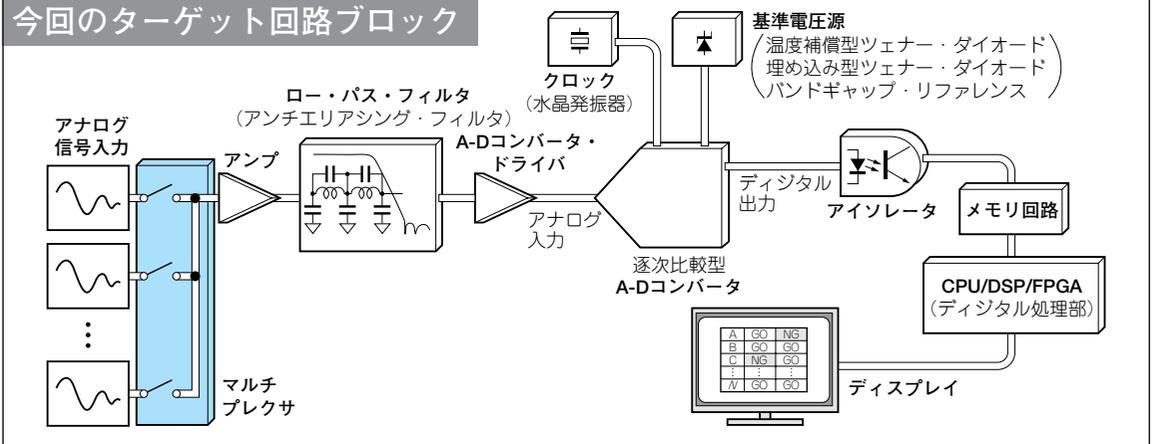


今回のターゲット回路ブロック



分かるようになること

・ 逐次比較型 A-D コンバータが複数チャンネル入力の変換に向く理由

・ 複数チャンネル入力切り替えの高速化
・ マルチプレクサ IC の使い方

多入力を切り替えて A-D 変換するには

センサ回路の設計時などにおいて、数十から、場合によっては1000を越える入力チャンネルが必要になります。今回のターゲット回路ブロックのように、複数チャンネルのアナログ入力を一つの A-D コンバータで変換できれば、チャンネルごとに A-D コンバータを配する必要がないのでローコスト化できます。

● 変換開始タイミングを問わない SAR 型がうってつけ
複数の入力信号を一つの A-D コンバータで変換するには、入力を切り替えたタイミングで変換を開始できなければなりません。

逐次比較型 (SAR 型) の最大の特徴は、いつでも入力信号の変換を開始できることです。

例えば $\Delta\Sigma$ 型 A-D コンバータの場合、高い SNR を得るためにオーバーサンプリングするので入力信号は連続している必要があります。高速 A-D コンバータはサンプリング周波数が数 M~数十 MHz と限られているものが多くあります。

● 複数チャンネルの入力切り替えにはマルチプレクサを使う

複数の信号を入力する場合、A-D コンバータの前段にマルチプレクサがよく使われます。これにより、サンプリングするチャンネルを切り替えます。

最近ではマルチプレクサを内蔵した多チャンネル入力タイプの逐次比較型 A-D コンバータが市販されています。表 7-1 にその一例を示します。

入力チャンネルの切り替えを高速化する

● ホールド時間はマルチプレクサで発生する遅延を加味する

チャンネル切り替え時、マルチプレクサ回路による信号の遅延が無いことが理想ですが、寄生容量により遅延が発生します。

入力信号をホールドする時間は、A-D コンバータの変換時間に加え、マルチプレクサの切り替え時間も考慮して算出します。

図 7-1 に 16 チャンネル入力のマルチプレクサ回路例を示します。何の問題も無いように思えますが、実はこの回路ではマルチプレクサ回路の寄生容量によるセトリング時間がとても大きくなってしまいます。

ホールド時間▶アナログ入力信号を保持する時間。マルチプレクサを使用した同時サンプリング方式 A-D コンバータでは全チャンネルの A-D 変換が終了するまでホールドしておく必要がある。

表7-1 多チャンネル入力のマルチプレクサを内蔵した逐次比較型A-DコンバータIC例

型名	分解能 [ビット]	入力チャンネル数	変換レート [kSPS]	電源電圧 / 電流 [V/mA]	メーカー名	備考
MAX1236	12	4	51 94.4(外部クロック)	4.5 ~ 5.5/0.9	マキシム	基準電圧源(4.096 V)内蔵, 差動入力×2 MAX1237は3V動作(V_{ref} は2.048 V)
MAX1238	12	12	51 94.4(外部クロック)	4.5 ~ 5.5/0.9		基準電圧源(4.096 V)内蔵, 差動入力×6 MAX1239は3V動作(V_{ref} は2.048 V)
AD7490	12	16	1000	2.7 ~ 5.25/ 2.5 max	アナログ・ デバイス	基準電圧源は外部(2.5 V)
AD7265	12	6 + 6	1000	2.7 ~ 5.25/ 2.3 max		基準電圧源(2.5 V)内蔵 AD7266は2 Msps
LTC1867	16	8	200	4.75 ~ 5.25/ 1.3	リニア テクノロジー	基準電圧源(2.5 V)内蔵 LTC1867-3は3V動作 LTC1863は12ビット

低速切り替え回路の場合は、セトリング時間を1 msや10 msなどと十分に大きくしてホールド時間を長くすればよいのですが、切り替え時間を短縮したい場合は工夫が必要です。

遅延発生のしくみを解説した後、セトリング時間を短縮する方法を紹介します。

● マルチプレクサICで遅延が発生するしくみ

ch-1に2Vを供給したあと、出力をch-2に切り替えたときを図7-2で考えてみましょう。ch-2は分かりやすいように0Vとしています。

通常、マルチプレクサICには出力容量 C_D があります。図7-2の場合、16チャンネル入力のマルチプレクサICなので、仮に150 pFとします(チャンネル数が少ないと C_D は小さくなる)。

- ① マルチプレクサICがch-1を選択すると、ch-1入力2Vが出力容量 C_D を充電します(このときの電荷は $Q = 2V \times 150\text{ pF} = 300\text{ pC}$)。
- ② 出力がch-2に切り替わるとch-1は切り離され、 C_D の電荷は C_2 に充電されます。

$Q = C_2 V_2 = 300\text{ pC}$ より、 V_2 は次式で求まります。

$$V_2 = 300\text{ pC} / 0.039\text{ }\mu\text{F} \approx 8\text{ mV} \dots\dots\dots (7-1)$$

- ③ V_2 は時定数 $\tau = R_2 C_2 = 39\text{ }\mu\text{s}$ で0Vに収束してい

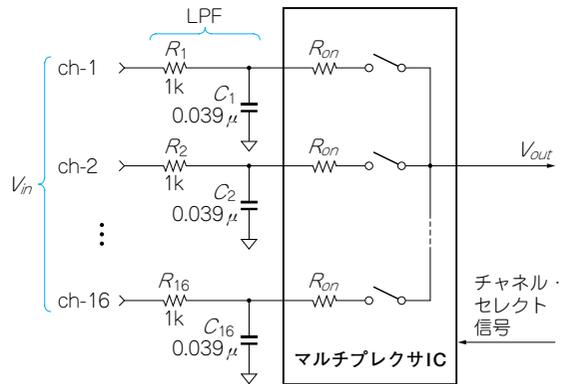


図7-1 セトリング時間が大きい16チャンネル入力のマルチプレクサ回路

きます。0.1%誤差の電圧でサンプリングする場合、セトリング時間は $7\tau \approx 280\text{ }\mu\text{s}$ もかかってしまいます。チャンネルを切り替えて280 μs 以上経過しないと0.1%誤差でのサンプリングはできません(表7-2)。

● セトリング時間を短縮する方法

▶ C_2 , R_2 の定数を変更する

C_2 の容量を大きくすれば V_2 は小さくなりますが、

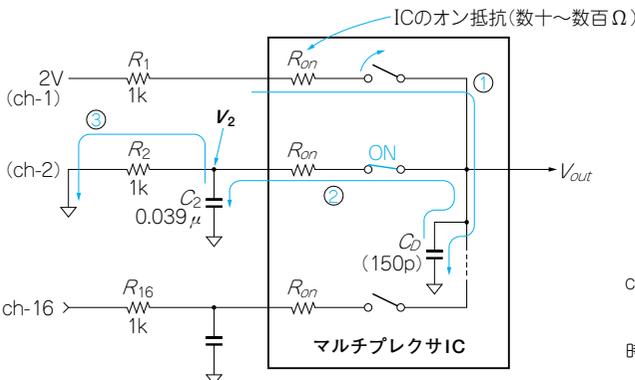
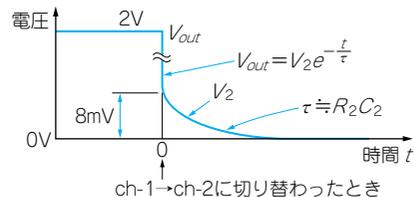


図7-2 マルチプレクサの出力容量の残留電荷によりセトリング時間が長い



ch-1→ch-2に切り替わったときの V_2 の電圧は、次式で求まる。
 $V_2 = 2V \times C_D / (C_2 + C_D)$
 $= 2V \times 0.15\text{ n} / (39\text{ n} + 0.15\text{ n}) \approx 8\text{ mV}$
 時定数 τ は次式で決まる。
 $\tau = 1\text{ k}\Omega \times 0.039\text{ }\mu\text{F} \approx 39\text{ }\mu\text{s}$